Mobilité durable | Batteries

BATTERIES : DE LA CONCEPTION AU RECYCLAGE

NOS SOLUTIONS

Les solutions proposées par IFPEN concernent d'une part le développement et le recyclage des matériaux de batteries et d'autre part la caractérisation et la modélisation du comportement des batteries.

PROCÉDÉS DE TRANSFORMATION ET DE FORMULATION DE MATÉRIAUX

Extraction et raffinage de minéraux

IFPEN développe des procédés d'extraction de minéraux par adsorption, ainsi que des techniques de purification et de séparation, à l'aide de solvants. Ces dernières technologies s'appliquent aussi aux matériaux issus du recyclage.

Matériaux de batteries : formulations et procédés innovants

IFPEN développe des procédés de synthèse des **matériaux actifs de cathode (CAM) ainsi que de leurs précurseurs (pCAM)** pour les batteries actuelles. La mise au point de ces procédés est réalisée en partenariat avec la filiale Axens et s'appuie sur des pilotes de production. IFPEN s'intéresse aussi aux **nouveaux matériaux pour les batteries** qui émergeront au-delà de 2035, notamment les batteries tout solide. Le développement de tous ces nouveaux matériaux vise à

augmenter la densité énergétique massique et volumique des batteries, à accroître leur sécurité et leur durabilité et à limiter l'utilisation de matériaux critiques.
Cette offre diversifiée de matériaux innovants et performants est adaptée aux technologies de batteries lithium-ion actuelles et aux batteries de nouvelle génération comme les batteries tout solide (électrolytes solides à base de sulfures et/ou de polymères) ou encore les batteries lithium-soufre.
Des moyens dédiés de formulation de matériaux de batterie ont été développés de manière à explorer de nouveaux matériaux. Les outils de caractérisations sont utilisés pour attester de la performance des matériaux explorés.

A retenir
Les procédés de fabrication de pCAM et de CAM sont mis au point en synergie avec Axens, filiale d'IFPEN. Le site industriel de Salindres (Gard) permet à ces deux acteurs de **mettre au point et de tester leurs procédés de fabrication de pCAM et de CAM à une échelle préindustrielle**. Ces matériaux innovants et performants, adaptés aux technologies de batteries lithium-ion actuelles et aux batteries automobiles de nouvelle génération « tout solide », pourront ensuite être déployés dans un outil industriel et fournis aux marchés français et européen.

IFPEN intervient également dans la mise au point des séparateurs de batteries en proposant des éléments minéraux qui permettent d'en accroître la résistance mécanique et thermique.

Recyclage des matériaux de batteries

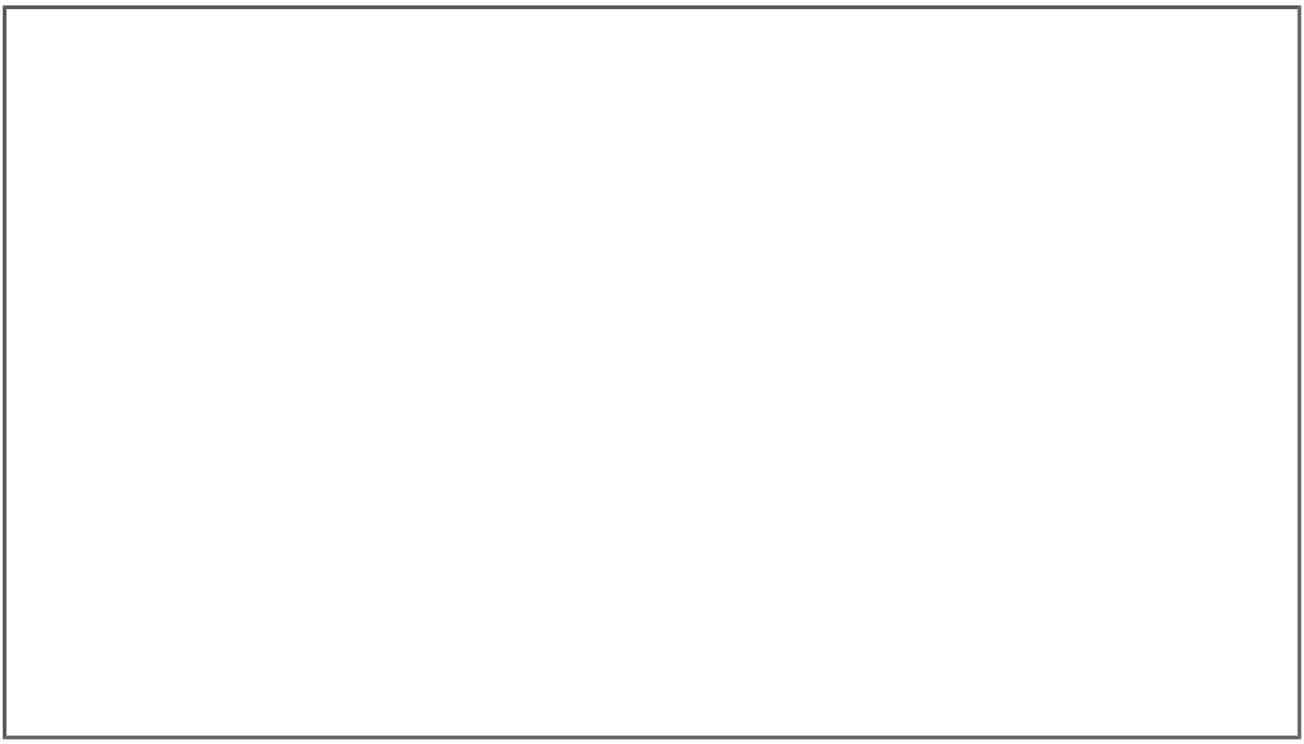
Pour recycler les matériaux de batteries en minimisant l'impact sur l'environnement, IFPEN privilégie la voie hydrométallurgique.
Cette technologie sera notamment déployée dans le cadre d'**un partenariat entre IFPEN, Axens et Eurecat** qui vise à construire en France des unités industrielles permettant à la fois **le recyclage des matériaux actifs de cathode (CAM) des batteries lithium-ion et leur re-synthèse**. Ce projet ambitieux permettra de contribuer à la souveraineté française dans les secteurs des métaux critiques et de la fabrication de CAM.

A retenir
Le recyclage des batteries constitue un enjeu économique et environnemental de tout premier plan. IFPEN se positionne sur le développement des procédés de recyclage des métaux de batteries et de re-synthèse des pCAM et des CAM.

>> Pour en savoir plus sur le recyclage des métaux et les solutions IFPEN

CARACTÉRISATION ET TESTS DES BATTERIES À PLUSIEURS ÉCHELLES, DU MATÉRIAU AU SYSTÈME

IFPEN possède des outils de pointe et une grande expertise pour étudier tous les types de batteries **à plusieurs échelles**, depuis **les matériaux utilisés dans les cellules de batteries (cathodes, anodes, électrolytes, séparateur)**, jusqu'aux **modules/packs de batteries pour la mobilité**. Les données ainsi collectées servent au développement, à la calibration et à la validation des modèles. Des moyens d'essais tels que des bancs de test de cellules, de modules et de packs batteries sont ainsi disponibles pour réaliser les expérimentations nécessaires à la compréhension des phénomènes électrochimiques et à la caractérisation des électrodes et des composants internes des cellules et aux phénomènes de vieillissement. Des moyens d'imagerie ont aussi été mis en place pour permettre des visualisations avancées et analyser notamment **le risque emballement thermique des cellules**.



Lignes de prototypage de cellules

Des lignes de prototypage de cellules (sous boîtes à gants) sont utilisées pour la préparation de batteries de future génération utilisant les matériaux de batteries innovants (électrolytes solides, électrodes à base de soufre) actuellement à l'étude ou encore pour caractériser la performance des matières actives de cathode. Les prototypes réalisés, qui peuvent avoir différents formats tels que pile bouton, sachet souple (cellule pouch), cylindrique ou encore prismatique, sont ainsi préparés puis caractérisés.

MODÉLISATION

Les modèles développés par IFPEN, enrichis en continu, sont capables de représenter le comportement électrothermique des Systèmes de Stockage Electrochimique, leur vieillissement, voire leur fonctionnement abusif, grâce notamment à la modélisation fine du phénomène d'emballement thermique.

IFPEN maintient ses modèles à jour pour les technologies de batteries commerciales et prototypes les plus récentes.
Ainsi, à titre d'exemple, IFPEN développe des modèles pour **les batteries sodium-ion** qui présentent une moindre densité énergétique que les batteries lithium-ion mais qui ont un certain nombre d'avantages en termes de disponibilité de la matière première utilisée, de moindre impact écologique, de sûreté, etc.
Ces modèles sont mis en œuvre en étroite synergie avec les travaux expérimentaux de manière à leur assurer un haut niveau de prédictivité. Ce lien très fort qui relie modélisation et expérimentation est le facteur différenciant de ces modèles par rapport aux autres approches connues.
Ces modèles sont utilisés :
- Pour les travaux qu'IFPEN mène dans l'accompagnement industriel : choix de technologie, dimensionnement pour une application.
- Dans le cadre de projets collaboratifs pour accélérer le développement des filières électriques.
- Pour innover sur des thématiques d'actualité comme la charge rapide, la seconde vie des batteries, les nouvelles générations de batteries tout solide, etc.

LOGICIEL DE SIMULATION DE BATTERIES

Les connaissances acquises par IFPEN sur les batteries sont capitalisées dans **la librairie Electric Storage** qui fait partie de **la plateforme Simcenter Amesim™**. Cette librairie, codéveloppée par IFPEN et Siemens Digital Industries Software, fournit une aide précieuse aux utilisateurs pour étudier la conception de batteries Li-ion en permettant de réaliser:
- le pré-dimensionnement du pack batterie, grâce à l'utilisation d'un outil de génération d'un premier design de batterie et son modèle associé à partir de quelques données macroscopiques
- la calibration automatique du modèle de batterie, basée sur des mesures expérimentales
- l'évaluation de phénomènes complexes, tels que le vieillissement ou l'emballement thermique.
Cette librairie permet de valider de nouvelles conceptions de batteries qui pourraient répondre aux enjeux du domaine.

CONTACTS

Julien BERNARD
Responsable du programme « Systèmes électrochimiques et gestion d'énergie »
julien.bernard@ifpen.fr

Alexandre PAGOT
Responsable de programme « Métaux stratégiques de la Mobilité Durable »
alexandre.pagot@ifpen.fr

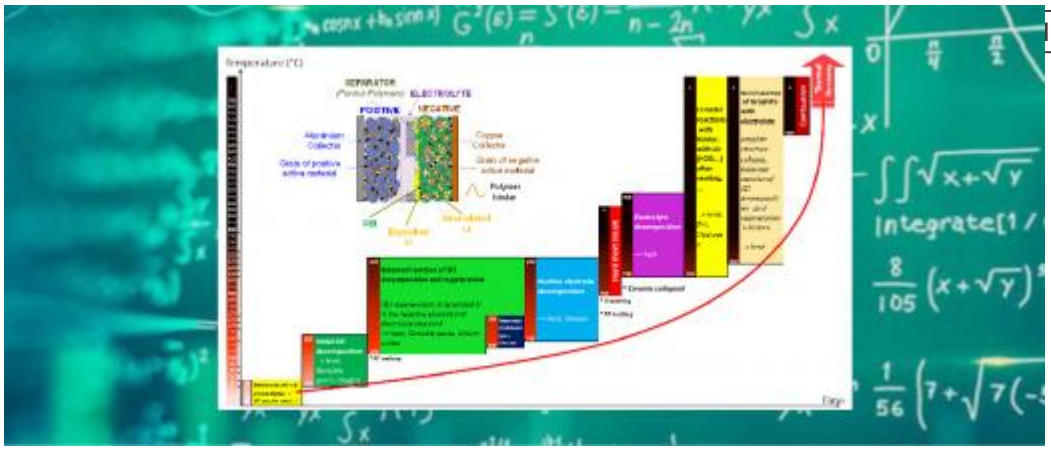
Fil d'actualités

Innovation et industrie

Actualités novembre 2020

Étude du vieillissement des batteries : COMUTES2 lance sa première campagne d'essais

Communiqués de presse



ité électrifiée Batteries

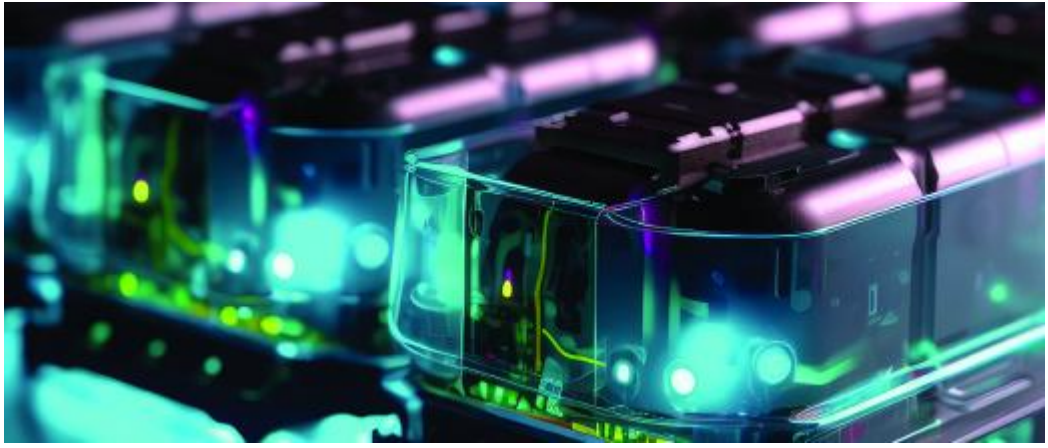
Recherche fondamentale

Actualités juin 2021

La modélisation pour améliorer la sécurité des batteries lithium-ion

Batteries

Chimie physique Électrochimie et corrosion Sciences de l'ingénieur Modélisation et simulation des systèmes



Innovation et industrie

Actualités septembre 2023

Fin du projet européen MODALIS2 et lancement d’HELENA : en route vers les batteries du futur

Mobilité durable | Mobilité électrifiée | Batteries

Batteries : Nos solutions

Lien vers la page web :